

KEPHALOMETRISCHE MESSUNGEN
AM MENSCHLICHEN GLEICHGEWICHTSORGAN

ROBERT NOPPER

1986

*Diss
München*

Aus dem Institut für Rechtsmedizin der Universität München

Direktor : Prof. Dr. med. Spann

**Kephalometrische Messungen
am menschlichen Gleichgewichtsorgan**

**Inaugural Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
an der Ludwig Maximilians Universität zu München**

vorgelegt von

Robert Nopper
aus
München

1986

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Priv.Doz.Dr.habil.G.Beier

Mitberichterstatter: Prof.Dr.med.W.Spann

Dekan: Prof.Dr.med.W.Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 13.05.1986

Meinen Eltern

Herrn Prof. Dr. med. Spann danke ich für die Überlassung des Themas und die Möglichkeit in seinem Institut zu arbeiten.

Herrn Präparator Klein danke ich für seine Hilfestellung bei der Durchführung der Präparationen, Herrn Kirchmeier für die handwerkliche Unterstützung beim mechanisch-technischen Teil der Versuche, Herrn Reuschel für die vielen Stunden am Computer, meiner Freundin Birgid Scharrer für die Arbeiten an der Schreibmaschine.

Herrn Priv. Doz. Dr. med. habil. Dr. rer. nat. G. Beier gilt mein besonderer Dank für die unermüdliche Betreuung meiner Arbeit und die vielen wertvollen Hinweise bei der Auswertung der Ergebnisse.

I. Einleitung

II. Literatur

III. Methode, Definition und Untersuchungsmaterial

1. Definition des verwendeten Koordinatensystems

2. Methodik

2.1. der Meßrahmen

2.2. die Transformation der Meßwerte

3. Untersuchungsmaterial

IV. Ergebnis und Diskussion

V. Zusammenfassung

VI. Literaturverzeichnis

I. Einleitung

Im Rahmen der Unfallforschung und bei der Entwicklung von Verkehrssystemen werden immer wieder Versuche angestellt, um die Belastungen, die auf den Passagier eines schlingermenden Schiffes, den Piloten eines Flugzeuges beim Start, den Fallschirmspringer bei der Schirmöffnung oder auch nur den Fahrer eines LKW's im Stadtverkehr einwirken, zu analysieren.

Viele solcher Simulationen, Rüttel- und Stoßversuche bei der KFZ-Entwicklung werden mit Versuchspuppen durchgeführt. Bei lebenden Versuchspersonen kann nur außen am Kopf gemessen werden, daher ist eine Transformation der dort gemessenen Beschleunigungen ins Labyrinth notwendig.

Gerade das Gleichgewichtsorgan hat einen entscheidenden Einfluß auf das Wohlbefinden und die Reaktionsfähigkeit des Menschen. Von besonderem Interesse ist, wie sich eine bestimmte Beschleunigung oder Rotation, extern am Kopf gemessen, auf die Strömung der Endolymphe in den Ampullen und Bogengängen des Gleichgewichtsorganes auswirkt.

Möglicherweise läßt sich bei genauerer Betrachtung ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten bestimmter anatomischer Gegebenheiten und der besonderen Anfälligkeit mancher Menschen für die See- oder Reisekrankheit herauszufinden.

Zunächst ist für das Erstellen von Übertragungsfunktionen die Größe und genaue Lage der Bogengänge im Schädel von Interesse.

Es wurde daher eine Methodik zu Messung und Darstellung des Labyrinthsystems im menschlichen Felsenbein unter Berücksichtigung der räumlichen Zuordnung im Schädel entwickelt. Die Messungen sollten in dem auf anatomischen Punkten basierenden, kopffesten Koordinatensystem von Thomas (7) durchgeführt werden.

II. Literatur

Die Anatomie des menschlichen Innenohres ist in der Literatur schon recht genau beschrieben worden.

Nach Bader (2) erstellte Bezold (3) 1908 mittels eines Bildhauers ein Ohrmodell aufgrund seiner anatomischen Präparate und Ausgüsse; Schönmann (10) stellte 1908 ein Plattenmodell, basierend auf Schnittserienrekonstruktionen, her.

Etwas später fertigte Alexander (1) Labyrinthmodelle auf der Grundlage makroskopischer Präparationen an Neugeborenen und Erwachsenen.

Siebmann (11) veröffentlichte 1922 ein Wachsplattenmodell des häutigen Labyrinthes.

Savkovic (9) verglich 1962 den Aufbau des Gleichgewichtsorgans von Vögeln, verschiedenen Säugetieren und von Menschen mit Hilfe eines Zahnbohrers, Korrosionspräparaten und Röntgenkontrastaufnahmen.

Das wohl genaueste Modell des menschlichen Innenohrs wurde von Beck und Bader (2) aus Kunststoff 1963 gefertigt. Als Vorlage dienten Kunststoffausgüsse von Felsenbeinen und anatomische Schnittpräparate mit der Laubsäge. Es entstand ein anschauliches Modell des menschlichen Innenohrs, das sowohl die häutigen Organe, als auch das knöcherne Gerüst in 30-facher Vergrößerung zeigt. Dieses Labyrinthmodell stellt besonders die Abschnitte des menschlichen Innenohrs dar, die bei den mikrochirurgischen Operationen von Bedeutung sind: den Vorhof und die mediale Paukenwand. Als Beitrag zur feinen Topographie und Anatomie werden die Durchmesser der knöchernen Bogengänge mit 1,2 bis 1,4 mm, die knöchernen Ampullen mit 1,8 bis 2,0 mm angegeben.

Die Winkel zwischen den Bogengängen wurden bereits früher von Alexander (1), Siebmann (11) und Sato (8) angegeben.

Weissmahr (17) begann 1976 den Bezug zwischen den inneren Gehörorganen und der Gesichtsoberfläche herzustellen. Er präparierte menschliche Schädelhälften und untersuchte den Abstand zwischen dem Labyrinth und einem markanten Punkt der Schädelaußenseite, den er als "Supraaurikulare" definierte: Dem Scheitelpunkt der Konkavität, die den Übergang vom proc. zygomat. temporalis zur linea temporalis inferior bildet. Als Abstand zwischen dem lateralsten Punkt des horizontalen Bogenganges und dem "Supraaurikulare" wurden 15 bis 25 mm mit einer Häufung bei 19 mm angegeben. Der Abstand zwischen der Hautoberfläche und dem lateralsten Punkt des can. sem. lateralis wurde mit 25 bis 44 mm mit einer Häufung bei 36 mm angegeben.

Ein direkter Vergleich dieser Werte mit unseren Ergebnissen ist nicht möglich, da unsere Methode nicht von der Schädelaußenseite nach innen, sondern von der mittleren Sagittalebene nach außen führt.

Auch auf dem Weg der röntgenologischen Kranimetrie wird seit vielen Jahren daran gearbeitet mehr über die genaue Lage des Gleichgewichtsorgans im Schädel zu erfahren.

In seiner Arbeit "Anatomie und Röntgenanatomie des Felsenbeines" beobachtete Stenvers (12) 1917 einen Konvergenzwinkel der beiden Felsenbeinpyramiden von 90 Grad bei Betrachtung von oben.

Toldt (15) hatte 1910 festgestellt, daß dieser Konvergenzwinkel zwischen 90 und 130 Grad schwankt.

Martino (4) fertigte ebenfalls Röntgenaufnahmen des Schädels an, wobei er als Orientierungshilfe horizontal und vertikal ein Maßband um den Schädel legte.

Tahalele (13) schließlich verwendete Röntgenaufnahmen mit submento - vertikalem Strahlengang, wobei er sich der Methode nach Kirschner (7) mit Meßbügel bediente. Er verwendete lebende Versuchspersonen, bei denen er anatomische Bezugspunkte mit Bleistückchen markiert hatte: Das Nasion, die äußeren Augenwinkel, die Kreuzungsstelle des crus helicis mit dem ramus inferior anthelicis bds.

Bei den röntgenologischen Meßverfahren erwies es sich, wegen der schwierigen Fixierungsmöglichkeit des Schädels eines Lebenden, als problematisch, einen exakt gleichen Einfallswinkel des Zentralstrahles zu garantieren. Auch die Vergleichbarkeit der Markierungen an den anatomischen Bezugspunkten scheint fraglich.

Ein Vorteil der Röntgenmessung ist darin zu sehen, daß lebende Versuchspersonen herangezogen werden können. So läßt sich unter Umständen untersuchen, welche Auswirkungen eine bestimmte anatomische Gegebenheit tatsächlich auf das Gleichgewichtsgefühl und Wohlbefinden des betroffenen Menschen hat.

Die exakten anatomischen Lageverhältnisse können jedoch durch die Röntgenaufnahmetechnik schwierig verzerrungs- und Überlagerungsfrei wiedergegeben werden.

III. Methodik, Definitionen und Untersuchungsmaterial

1. Definition des Koordinatensystems

Als Bezugssystem für die Messungen wurde ein anatomisch begründetes Koordinaten - System verwendet. Dieses Koordinaten - System wurde von Thomas (14) beschrieben. Wie in Abb. 1 dargestellt ist, entspricht die XY - Ebene dieses Systems der Frankfurter Horizontalen, einer in der Kieferorthopädie verwendeten Schädelbasisebene, die durch vier kranio-metrische Punkte festgelegt ist: Die beiden Infraorbitalpunkte, das heißt die tiefsten Punkte der Orbitabögen auf der Hautoberfläche und die oberen Tragusränder, die höchsten Punkte der beiden äußeren Gehörgänge. Der Ursprung des Systems liegt in der Mitte der Verbindungslinie der beiden Ohrpunkte. Die Z - Achse steht senkrecht auf der X - Y - Ebene und zeigt nach kranial. Die Y - Achse zeigt vom Ursprung zum linken Ohrpunkt, die X - Achse vom Ursprung nach vorne. Die X - Z - Ebene entspricht der mittleren Sagittalebene (Medianebene) des Kopfes. Dieses rechtsdrehende karthesische Koordinatensystem wurde bei den Messungen durch einen speziell angefertigten Meßrahmen aus Aluminium repräsentiert.

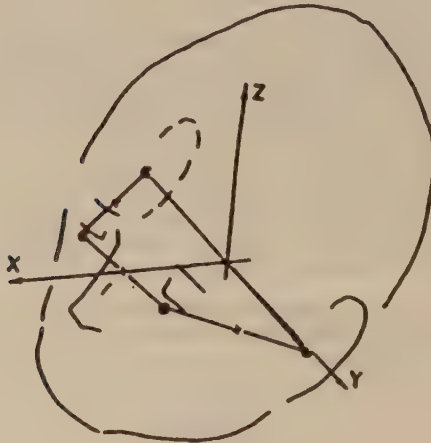


Abb. 1: Das kopffeste anatomisch begründete Koordinatensystem
(AB - System) nach Thomas (14)

2. Methodik

Die Untersuchungen wurden im Anschluß an reguläre Sektionen im Institut für Rechtsmedizin der Universität München durchgeführt. Dabei wird nach dem Ablösen der Kopfschwarte das Schädeldach durch einen horizontalen Sägeschnitt etwa fünf Zentimeter über den Augenbrauen entfernt, das Gehirn entnommen, die Dura abgezogen und die Schädelbasis gereinigt. Die Felsenbeinpyramiden sind damit frei zugänglich.

Um später eine lagemäßige Zuordnung der Labyrinth zur Schädelbasis zu ermöglichen, wurden an jedem Felsenbein drei Markierungspunkte (A, B, C,) aus farbigem Wachs angelegt. Dazu wurde jedes Felsenbein an drei, etwa 1,5 cm weit von einander entfernten Punkten, die ein Dreieck aufspannten, mit einem 1 mm starken Bohrer etwa 2 mm tief angebohrt. Diese Bohrungen wurden nach Reinigung und Trockenlegung mit erhitztem Hartwachs verschiedener Farben gefüllt; der Überschuß wurde entfernt.

Die zahlenmäßige Festlegung der Markierungspunkte in der Schädelbasis folgte durch Messung der X-, Y- und Z - Koordinaten jedes einzelnen Meßpunktes durch einen, am Leichenschädel angelegten, speziell angefertigten Meßrahmen. Dieser Meßrahmen ähnelt in seiner Konzeption einer Einspannvorrichtung, wie sie schon zu anderen Messungen physikalisch - anatomischer Größen am menschlichen Körper im Institut für Rechtsmedizin in München Verwendung fand. Er ist in den Abb. 2 und 3 dargestellt.

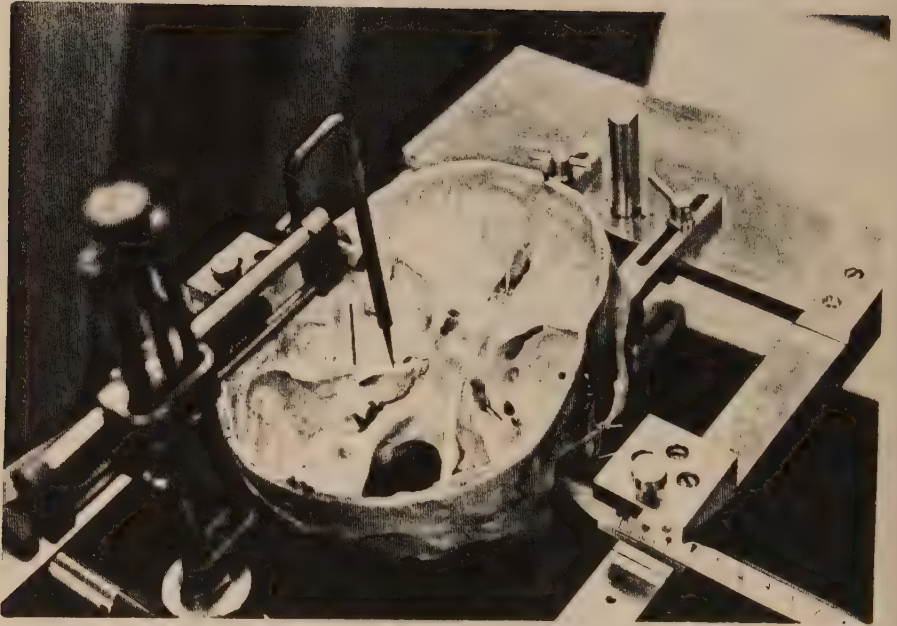


Abb. 2: Der verwendete Meßrahmen

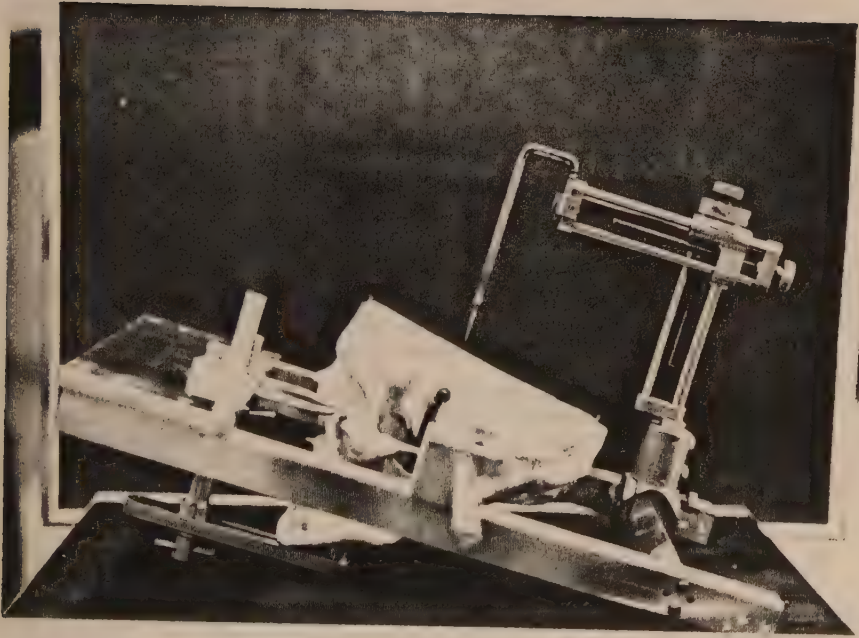


Abb. 3: Der verwendete Meßrahmen

2.1. Der Meßrahmen

Der von uns verwendete Rahmen wird am Kopf durch zwei frontale Auflagepunkte fixiert, die sich jeweils am tiefsten Punkt der Orbita abstützen und durch zwei Ohrstäbe, die mit einer Millimeterskala versehen sind, um ein seitengleiches Einschieben der Stäbe und damit eine Zentrierung des Kopfes im Messrahmen zu gewährleisten. Die Spitzen der Ohrstäbe sind nach oben asymmetrisch zugeschliffen, um als Ansatzpunkt den oberen Rand des Tragus zu finden. Von lateral gesehen verläuft der angelegte Aluminiumrahmen parallel zur Frankfurter Horizontalen. Von frontal gesehen verläuft der Rahmen parallel zur Bipupillarlinie und wird durch die untersten Punkte der Orbitabögen bestimmt.

Über Rändelschrauben und einen Schlitten ist eine dreidimensional bewegliche Messnadel am Rahmen angebracht, mit der die räumlichen Koordinaten (X, Y, Z,) der Wachsmarkierungspunkte bestimmt werden. Die Messnadel ist mit Noniusskalen ausgestattet, was eine Ablesegenauigkeit von etwa 0,1 mm erlaubt. Die bei der Verwendung des Messrahmens auftretenden Fehler sind insgesamt kleiner als ein Millimeter.

Nach Ablegen des Messrahmens wurde jede der beiden Felsenbeinpyramiden in toto mit einem scharfen Knochenmeißel aus den Leichenschädeln entfernt, wobei darauf geachtet wurde, daß die Wachsmarkierungspunkte (Referenzpunkte) in dem entnommenen Knochenstück enthalten waren.

Die isolierten Felsenbeine wurden nun, mit den Wachsmarkierungen nach oben, in einer Quaderform (Kantenlänge 4 cm, 3 cm, 2 cm) mit einem synthetischen Hartgips *, wie er in der Zahntechnik verwendet wird, eingegossen. Dieser Gips eignet sich durch seine hydrophile Eigenschaft ausgezeichnet, um mit dem gewonnenen Feuchtpräparat eine harte, dauerhafte Verbindung einzugehen.

Der so entstandene Gipskörper, der das Gleichgewichtsorgan mitsamt den Wachsmarkierungspunkten enthält, wurde nach dem Abbinden auf einem Frästisch über einer Millimeterskala befestigt. Hier wurde Schicht für Schicht in Schritten von einem halben Millimeter mit der Fräse abgetragen. Nach jedem Schnitt wurde die Schnittfläche mit einem Druckluftbläser gereinigt; die Schnitttiefe und das Erscheinen der farbigen Markierungspunkte wurden mit schwarzem Filzstift auf der sichtbaren Gipsfläche angezeigt. Die so präparierte Schlißfläche wurde fotografiert. (Beispiele dazu siehe Abb. 4)

Fotografiert wurde mit einem Teleobjektiv von 270 (mm) Brennweite aus einer Entfernung von 2,20 (m) zum Motiv, bei voller Blitzlichtausleuchtung mit Fernauslösung. Die Aufnahmen, die so auf einem sehr scharf zeichnenden, feinkörnigen Schwarz - Weiß - Film der Marke Ilford entstanden, wurden im Maßstab 1 : 1 auf Hochglanzpapier abgezogen. In der Reihenfolge der Schnitte ausgelegt, stellen die fertigen Aufnahmen das menschliche Labyrinth in Schichten zu 0,5 (mm) dar.

*) Synthetischer Superhartgips der Marke Tweestone

Zur Auswertung der auf den Papierbildern enthaltenen Informationen wurde die EDV - Anlage des Institutes für Rechtsmedizin in München verwendet. Mit Hilfe eines Digitysers (Kontron MOP) wurden die Strukturen auf jedem Foto ausgemessen und zugeordnet.

Dazu wurden die Fotos auf einer Magnetplatte mit Klebeband fixiert. Die dazugehörigen Informationen, wie Schnitttiefe, Versuchsnummer und Seite des Labyrinths wurden eingegeben. Die auf den Bildern erkennbaren Strukturen, wie Bogengänge, Ampullen und Wachsmarkierungspunkte wurden mit einem Magnetstift im Abstand von 0,5 (mm) abgetastet. Der Rechner ist durch sein Programm in der Lage, das Labyrinth aus der Ebene der Fotografien in das ursprüngliche Koordinatensystem mit dem Ursprung im Schädel zurückzurechnen.

So entstand im Rechner das, je Labyrinth aus ca. 1.200 Meßpunkten bestehende, dreidimensionale Bild des Labyrinths. Die Schnittflächen sind in beliebiger Ansicht graphisch darstellbar.

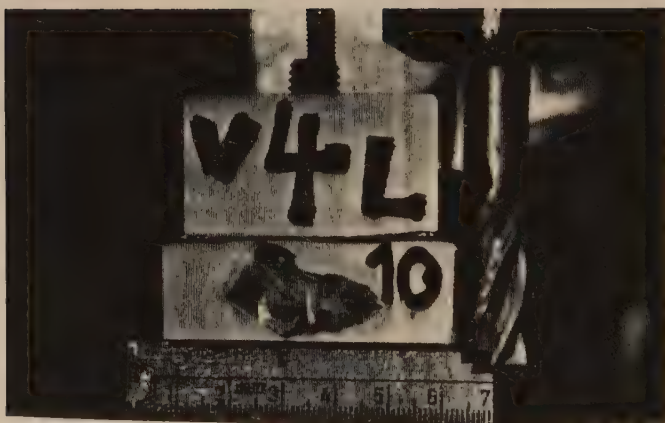


Abb. 4: Ein Gipskörper mit eingegossenem Felsenbein
auf dem Frästisch

2.2. Die Transformation der Meßwerte

Aufgrund der Auswertung der Lichtbilder liegt die dreidimensionale Struktur des Labyrinthes vorerst nur im Bezug auf die drei Referenzpunkte der Lichtbilder fest, d.h. bezüglich eines frei wählbaren, auf die Lichtbilder bezogenen Koordinatensystems (Foto - System).

Um die räumliche Zuordnung der Bogengänge relativ zur Schädelbasis, d.h. zum anatomisch begründeten Koordinatensystem zu erhalten, ist eine Transformation der Daten erforderlich. Diese Transformation läßt sich dadurch ermitteln, daß die Referenzpunkte des Fotosystems mit der Lage der entsprechenden Punkte im anatomisch begründeten Koordinatensystem (AB - System) zur Deckung gebracht werden. Wegen unvermeidbarer Meßfehler bei der Bestimmung der Koordinaten der Referenzpunkte A, B und C im AB - System bzw. Fotosystem ist dies nur durch eine Näherungsrechnung möglich. Folgendes Verfahren liegt dem verfügbaren, im Institut für Rechtsmedizin in München entwickelten Programm, zugrunde:

Zur Transformation der Daten aus dem Fotosystem in das AB - System sind zwei Hilfsysteme H und H' definiert:

H für das AB - System derart, daß die in diesem System gemessenen Punkte A, B und C in der XY - Ebene von H liegen, mit dem Ursprung im Schwerpunkt des Dreieckes ABC, die positive Z - Achse nach kranial gerichtet.

H' für das Fotosystem analog derart, daß die im Fotosystem gemessenen Punkte A', B' und C' in der XY - Ebene von H' liegen mit dem Ursprung im Schwerpunkt des Dreieckes A'B'C' mit der positiven Z - Achse nach kranial gerichtet.

Die Verschiebung der Nullpunkte des AB - Systems und des Fotosystems in die jeweiligen Schwerpunkte der Dreiecke ABC (bzw. A'B'C') liefern zusammen den translatorischen Anteil der Transformation durch Mittlung der sich für jeden Referenzpunkt ergebenden Parallelverschiebung.

Die Transformation des Hilfsystemes H in das Hilfsystem H' ist zunächst eine Kippung der X - Y - Ebene des H' Systemes bis die Z - Achsen sich decken und sodann eine Drehung um die gemeinsame Z - Achse. Als Drehwinkel wird das mit dem Abstand vom Schwerpunkt gerichtete Mittel der Winkeldifferenzen der Vektoren OA, OB und OC in H und OA', OB' und OC' in H' verwendet. Das bedeutet, daß die Bogenstücke AA', BB' und CC' gemittelt werden. Mit Ausnahme der Schiefe der Ebene ABC im AB - System (bzw. A', B', C' im Fotosystem), d.h. der jeweiligen Nutations- und Präzisionswinkel, beruht die Transformation damit auf gemittelten Werten.

Vor allem bleibt das Labyrinth im AB - System wie im Fotosystem in seiner Gesamtheit winkel- und längentreu erhalten.

Fehlerbehaftet sind:

- 1) Die Lage des Labyrinthes in XY - Richtung, entsprechend dem Fehler der Schwerpunkte der Dreiecke ABC im Hilfsystem H bzw. A'B'C' im Hilfsystem H'. Der vermutliche Fehler ist nicht größer als 1 mm.
- 2) Die Z - Lage der Schwerpunkte und damit die Höhenlage des Labyrinthes. Vermutlicher Fehler nicht größer als 1 mm.
- 3) Die Orientierung des Labyrinthes entsprechend der Unterschiede der Z - Richtungen in H und H'. Vermutlicher Fehler des Nutationswinkels nicht größer als 5 Grad.
- 4) Die Orientierung des Labyrinthes in Z (H) bzw. Z (H') (etwa parallel Z(AB - System)) entsprechend dem Fehler des mittleren Drehwinkels um Z (H) (= Z (H')).

Um die Labyrinth auswerten zu können, wurden von der Rechenanlage Schnittzeichnungen der einzelnen Bogengänge, aus verschiedenen Blickrichtungen gesehen, bezogen auf das Koordinatensystem (AB - System), angefertigt.

3. Untersuchungsmaterial

Untersucht wurden die Labyrinthpaare von zwölf männlichen Leichen verschiedenen Alters, wovon neun auswertbar waren. Drei Präparate mußten wegen experimenteller Schwierigkeiten verworfen werden.

Die Leichen stammten aus dem Sektionsgut des Institutes für Rechtsmedizin der Universität München.

Bei allen Präparaten wurde darauf geachtet, daß kein Schädeltrauma vorlag. In Tabelle 1 sind Alter, Körpergröße und Körpergewicht der ausgewerteten Präparate zusammengestellt.

Versuchsnr.	Alter (J)	Größe (cm)	Gewicht (kg)
2	62	179	85,9
3	39	174	51,2
4	60	171	68,4
5	56	172	75,0
6	67	174	77,2
7	27	175	60,9
8	53	175	85,1
9	44	176	67,4
12	53	176	62,9

Tabelle 1: Art und Zahl der ausgewerteten Präparate

IV. Ergebnisse und Diskussion

Jedes vermessene Labyrinth ist im Aufriss, Seitenriss und Grundriss nach dem Schema der Abbildung 5 in den Abbildungen 7 bis 24 graphisch dargestellt. Der Aufriss zeigt die Bogengänge canalis semicircularis anterior und canalis semicircularis posterior jeweils von dorsal betrachtet, projiziert auf die XZ - Ebene. In einem Seitenriss sind der canalis semicircularis anterior und der canalis sem. posterior, in einem zweiten Seitenriss der canalis semicircularis lateralis, jeweils von der Außenseite des Ohres betrachtet, projiziert auf die XZ - Ebene, dargestellt. Im Grundriss ist der canalis semicircularis lateralis, projiziert auf die XY-Ebene, dargestellt.

Das Vergrößerungsverhältnis der Computerzeichnungen ist durch die angegebene Maßstabskala gegeben. Jede Teilungseinheit stellt in Natur einen Millimeter dar. Die an den Achsen angegebenen Ziffern beziehen sich auf das in Kapitel 2 definierte, kopffeste Koordinatensystem (AB - System) und geben die Entfernung des jeweiligen Punktes zum Ursprung an. Beim Ausdrucken der Zeichnungen wurde zur komprimierten Darstellung der Ursprung unterdrückt.

Die Lage der Labyrinth im Schädel läßt sich aufgrund der Computerzeichnungen (Abb. 7 - 24) durch folgende, in Abb. 6 definierte Größen angeben. Den Abstand von der Medianebene durch den äußersten Punkt des posterior, den äußersten Punkt des anterior und des lateralis. Die Höhe, bezogen auf die Frankfurter Horizontale, durch den höchsten Punkt des anterior und den basalsten Punkt des posterior. Die fronto-occipitale Lage durch die occipitale Grenze des posterior. Die Werte, die den Computerzeichnungen entnommen wurden, sind in den Tabellen 2 - 10 niedergelegt.

1) Der Abstand von der Medianebene kann angegeben werden durch den äußersten Punkt des posterior (Y P max) und den äußersten Punkt des anterior (Y A max) und den äußersten Punkt des lateralis (Y L max). Nach Tabelle 12 lag der äußerste Punkt des linken posterior zwischen 4,28 (cm) und 4,84 (cm), der äußerste Punkt des rechten posterior zwischen 4,26 und 4,75 (cm). Der Mittelwert betrug jeweils 4,5 (cm).

Die Distanz zwischen Rechts und Links betrug 8,57 (cm) bis 9,36 (cm), im Mittel 8,9 (cm).

Der äußerste Punkt des linken anterior lag, wie in Tabelle 11 dargestellt zwischen 4,32 (cm) und 4,75 (cm), im Mittel bei 4,5 (cm). Der äußerste Punkt des rechten anterior war 4,22 (cm) bis 4,52 (cm) im Mittel 4,4 (cm) von der Medianebene entfernt. Die Distanz zwischen Rechts und Links betrug 8,48 (cm) bis 9,40 (cm), im Mittel 8,8 (cm).

Der äußerste Punkt des lateralis ist in Abbildung 13 dargestellt. Er betrug Links zwischen 4,48 (cm) und 4,96 (cm), im Mittel 4,7 (cm).

Beim rechten lateralis lag der äußerste Y - Wert zwischen 4,41 (cm) und 4,80 (cm), im Mittel bei 4,6 (cm). Die Distanz zwischen Rechts und Links betrug 8,83 (cm) bis 9,71 (cm), im Mittel 9,3 (cm). Die Asymetrie zwischen Rechts und Links betrug im Mittel 0,1 (cm). Die Asymetrie muß nicht unbedingt eine tatsächliche Unregelmäßigkeit des Kopfes darstellen, sondern kann auch durch experimentell bedingte Fehler beim Zentrieren des Kopfes im Meßrahmen mitverursacht sein. Der Unterschied in der Rechts - Links - Distanz zwischen dem schmalsten und dem breitesten Schädel betrug, am Labyrinth gemessen, 0,88 (cm).

2) Die Höhenlage des Labyrinthes, bezogen auf die Frankfurter Horizontale, ist gekennzeichnet durch den kranialsten Punkt des anterior (Z A max) und den basalsten Punkt des posterior (Z P min).

Beim anterior Links schwankten die maximalen Z - Werte zwischen 0,4 (cm) und 2,3 (cm) und betrugen im Mittel 1,3 (cm). Beim anterior Rechts schwankten die maximalen Z - Werte zwischen 0,43 (cm) und 2,98 (cm) und ergaben im Mittel 1,5 (cm). Die paarweisen Differenzen der maximalen Z - Werte zwischen Rechts und Links variierten zwischen 0,03 (cm) und 0,68 (cm) und betrugen im Mittel 0,3 (cm).

Beim posterior Links lag die basale Grenze zwischen 0,82 (cm) unterhalb und 0,62 (cm) oberhalb der Frankfurter Horizontale, im Mittel 0,2 (cm) unterhalb.

Beim posterior Rechts schwankten die Werte zwischen -0,75 (cm) und 0,89 (cm). Der Mittelwert liegt bei 0,2 (cm). Die Differenzen zwischen Rechts und Links liegen zwischen 0,04 (cm) und 0,69 (cm), im Mittel bei 0,2 (cm).

Vermutlich sind die Rechts - Links- sowie die individuellen Unterschiede der Höhenlage der Labyrinth, bezogen auf die Frankfurter Horizontale, zum Teil auf Differenzen der Weichteildeckung der äußeren Gehörgänge zurückzuführen.

3) Die frontal - occipitale Lokalisation läßt sich durch die occipitale Grenze des can. sem. posterior angeben (X P min).

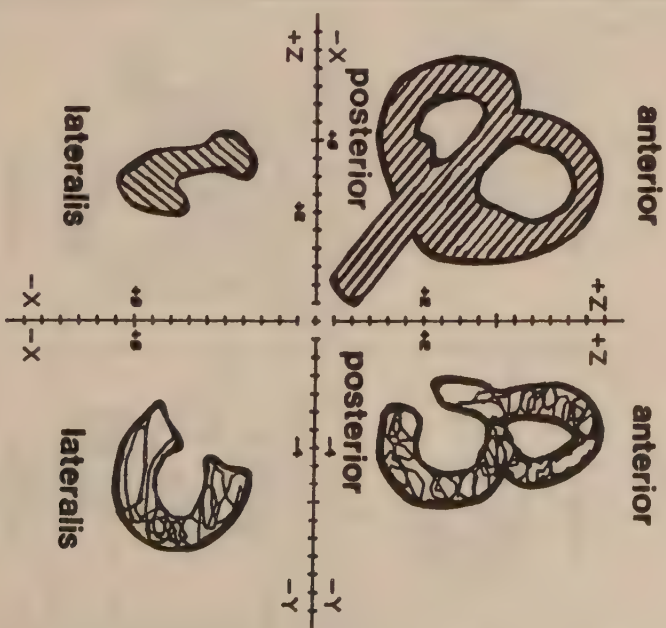
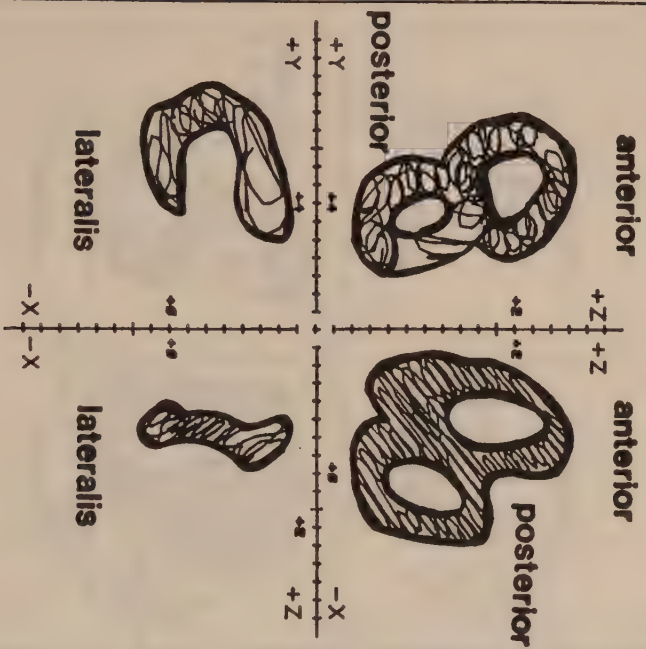
Nach Tabelle 12 liegt sie beim linken Labyrinth 0,42 (cm) bis 2,10 (cm), hinter der Ohr - Ohr - Achse, Rechts zwischen 0,42 (cm) und 2,01 (cm). Der mittlere Abstand beträgt Rechts wie Links 1,4 (cm). Die Rechts - Links - Differenzen betragen beim paarweisen Vergleich bis zu 0,68 (cm), der Mittelwert liegt bei 0,2 (cm); keine Seite scheint bevorzugt.

Bezogen auf die Medianebene differiert die Lage des lateralsten Punktes des can. sem. lateralis vom kleinsten bis zum größten Kopf um höchstens 0,45 (cm), im Mittel um weniger als 0,2 (cm). (Siehe Tabelle 13)

Kritik am Verfahren:

Die Auswertung der Transformation der Meßwerte wie unter Kapitel IV beschrieben, ergab hinsichtlich der Deckung der Referenzpunkte Unsicherheiten bei der Kippung von bis zu 9 Grad, bei der Drehung von bis zu 7 Grad, in Einzelfällen bis 17 Grad.

Zur Verbesserung der Genauigkeit ist eine Vergrößerung der Photographien zu empfehlen.



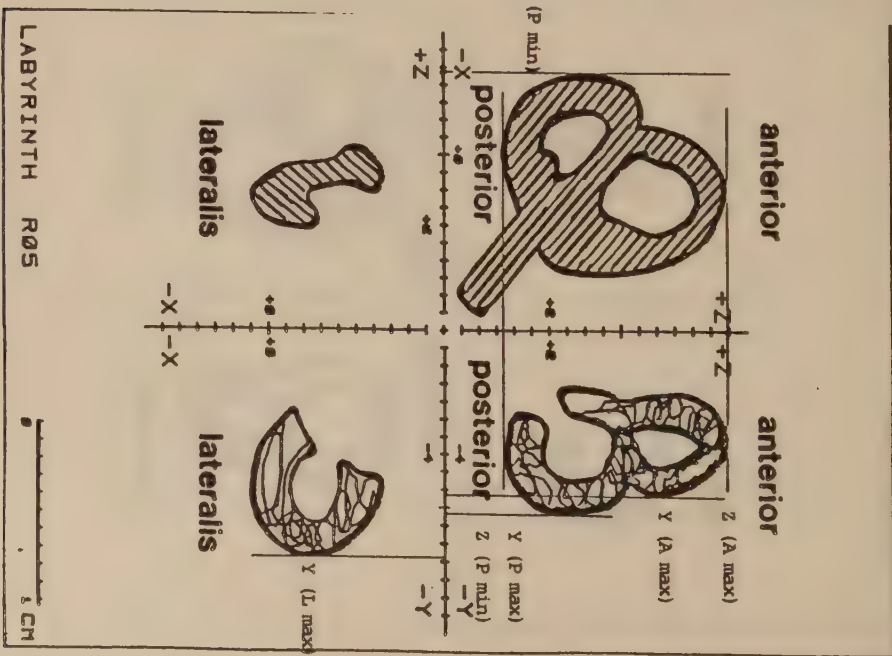
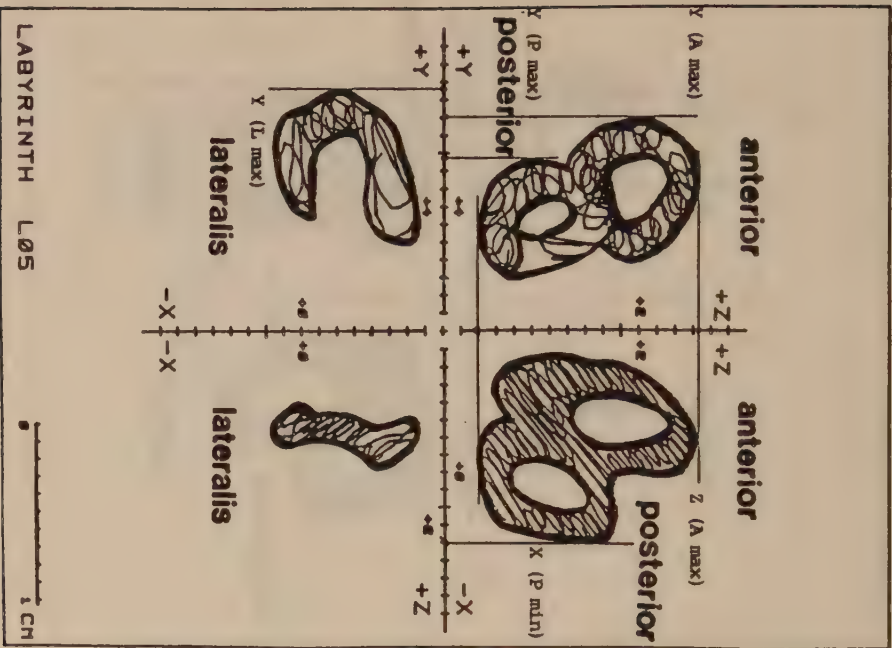
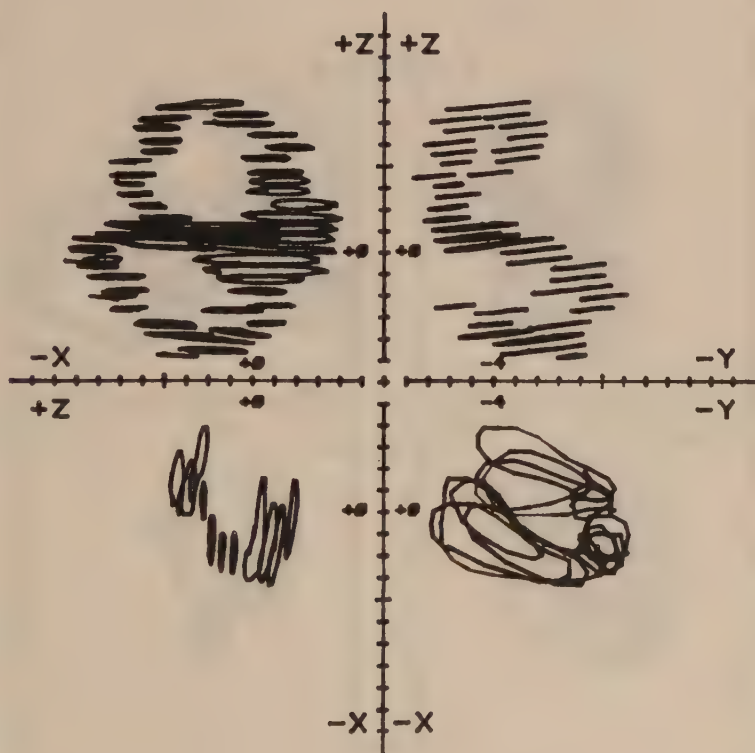


Abbildung 7



LABYRINTH R02

1 CM

Abbildung 8

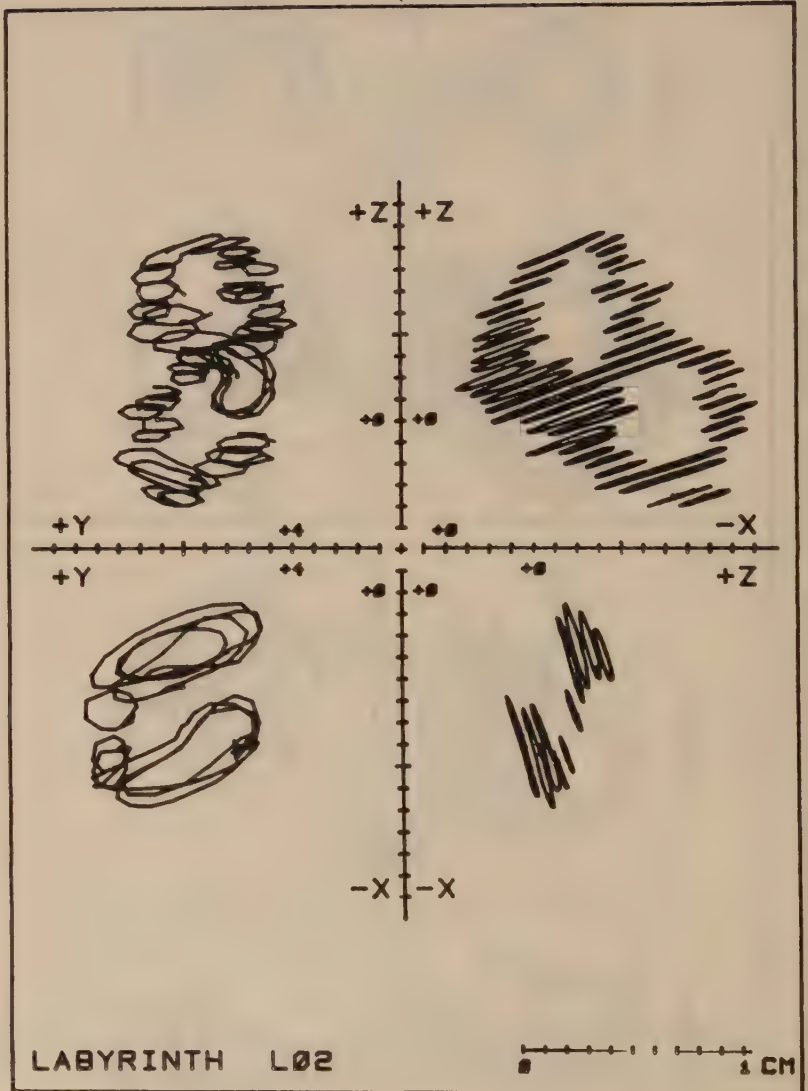
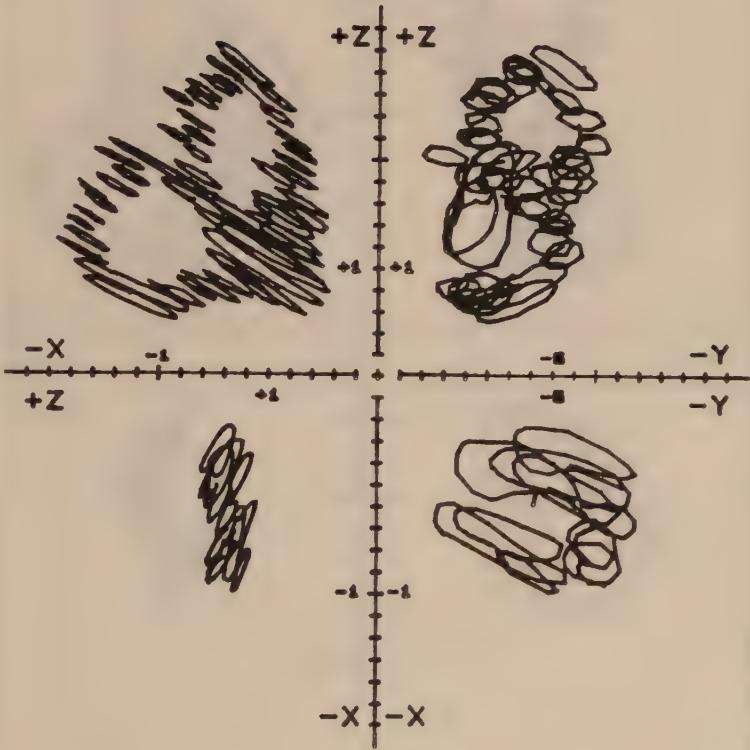


Abbildung 9



LABYRINTH R03

1 CM

Abbildung 10

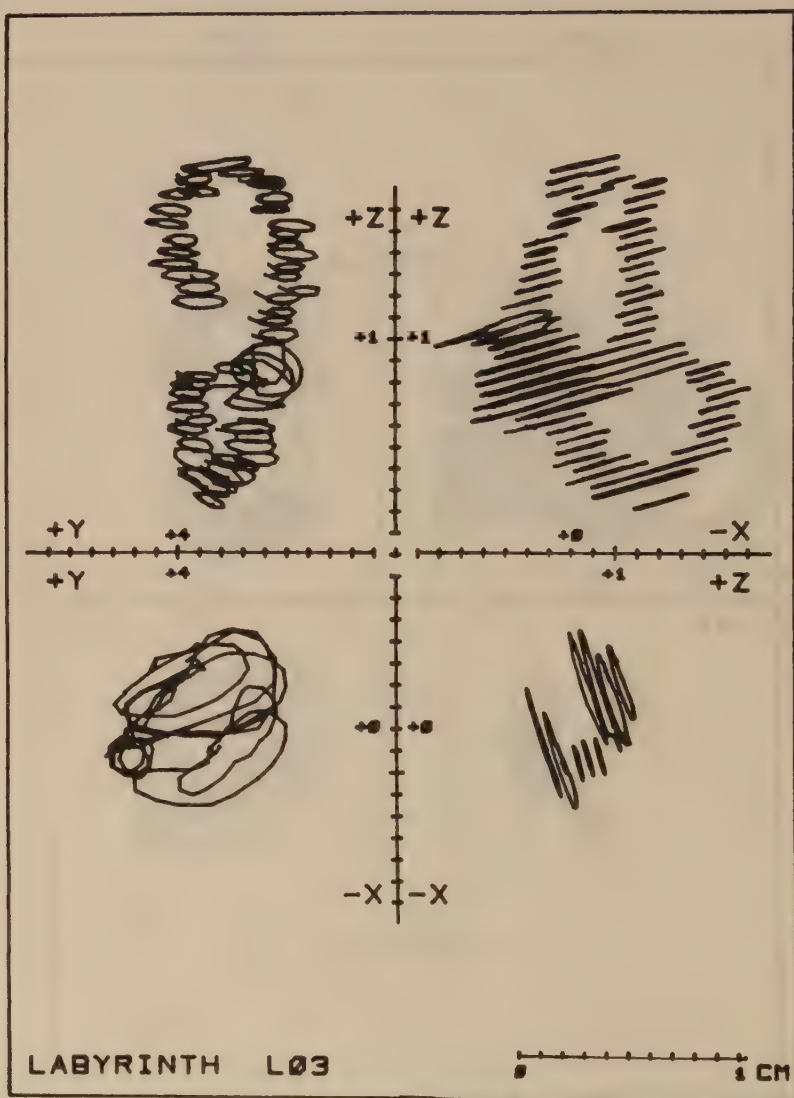


Abbildung 11



LABYRINTH R04

0 1 CM

Abbildung 12

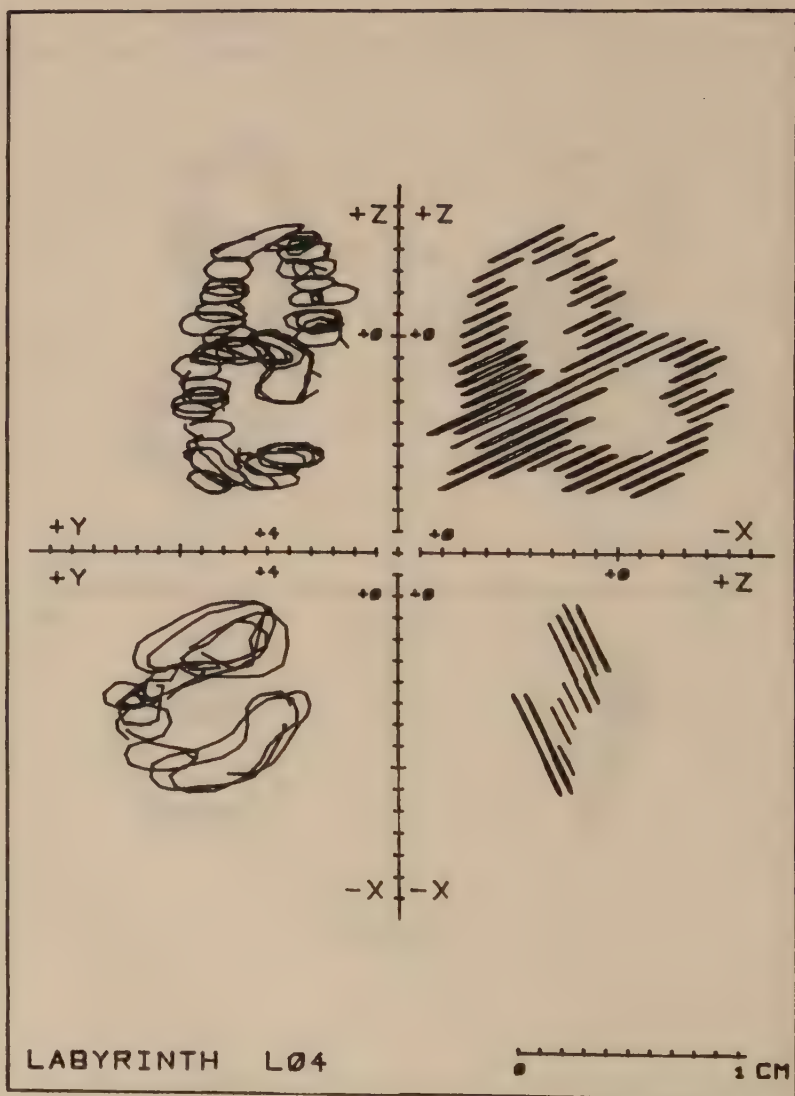


Abbildung 13

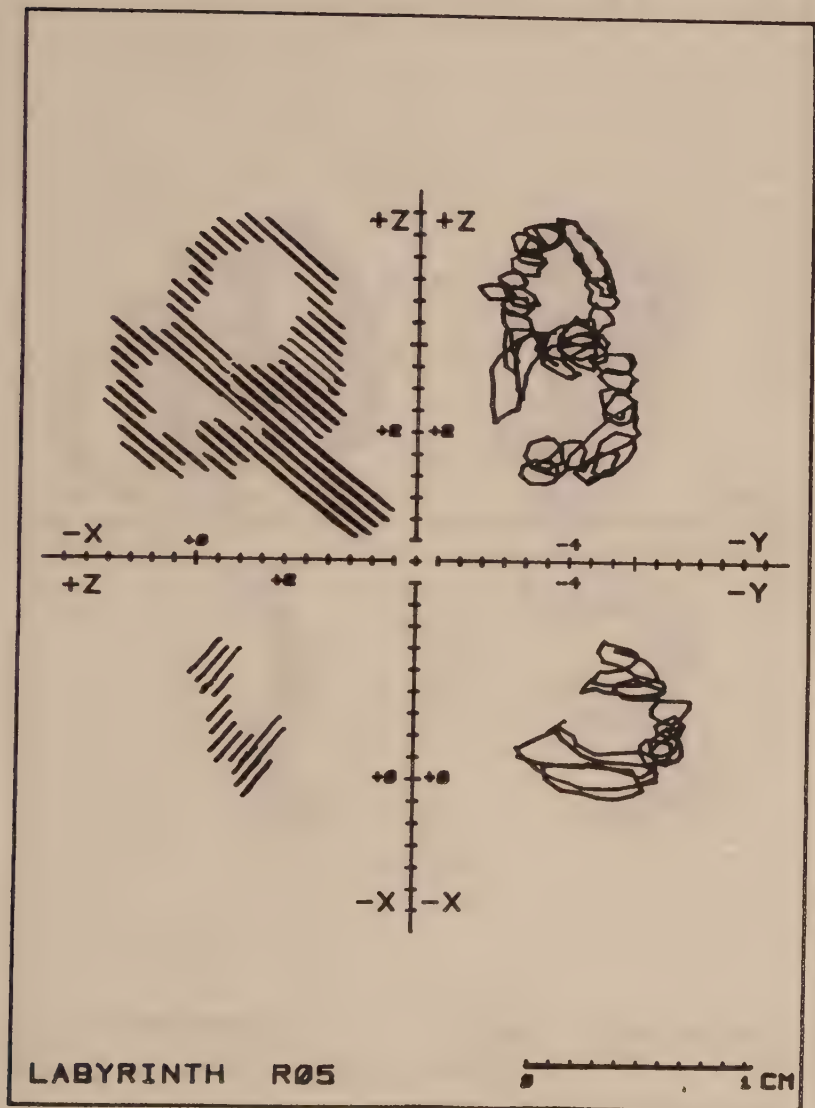


Abbildung 14

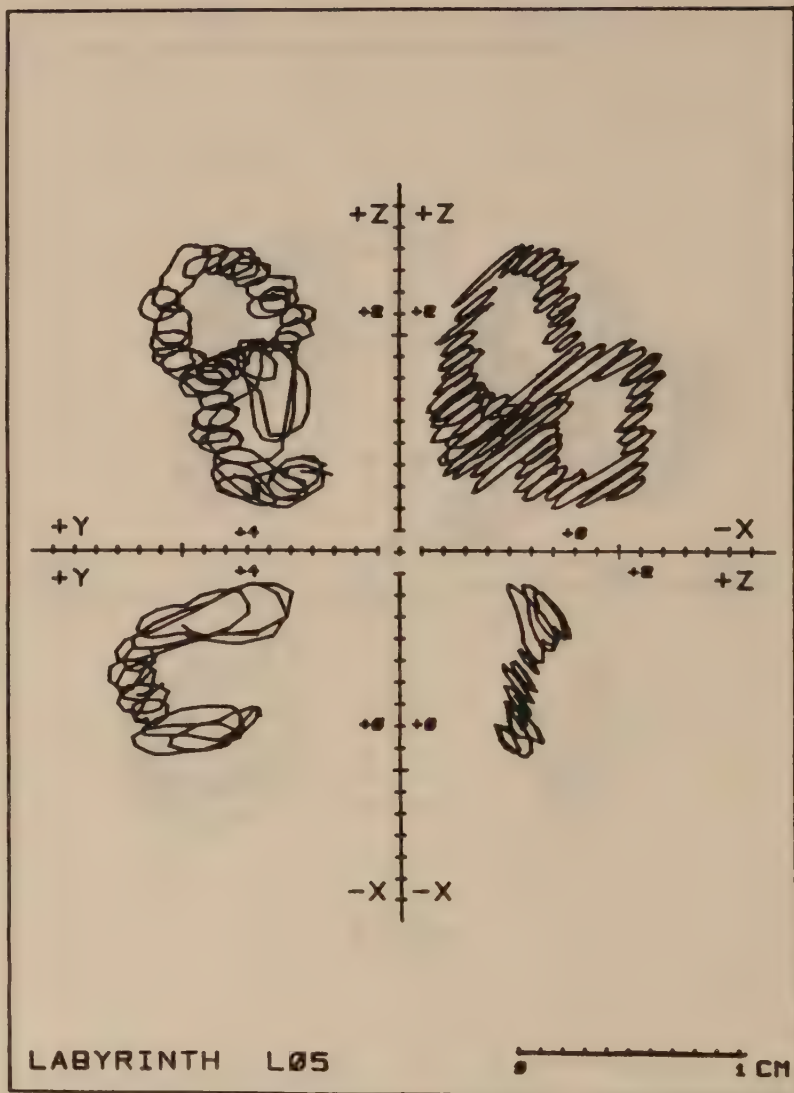


Abbildung 15

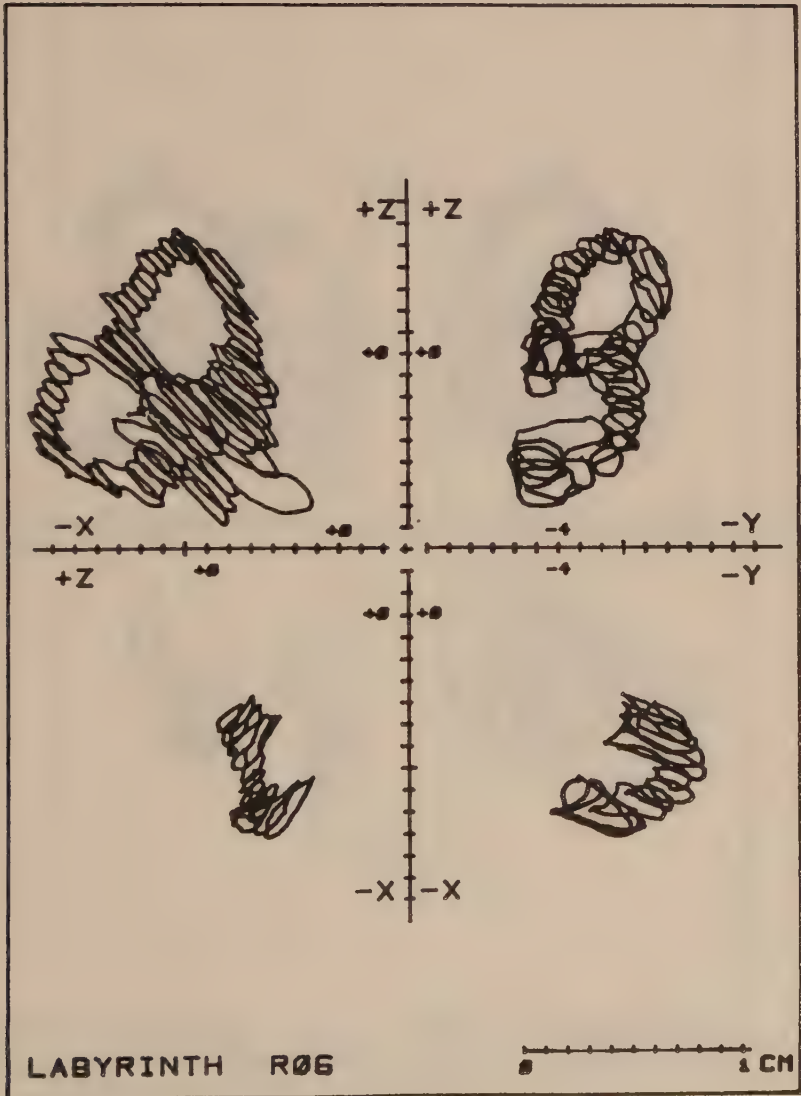


Abbildung 16

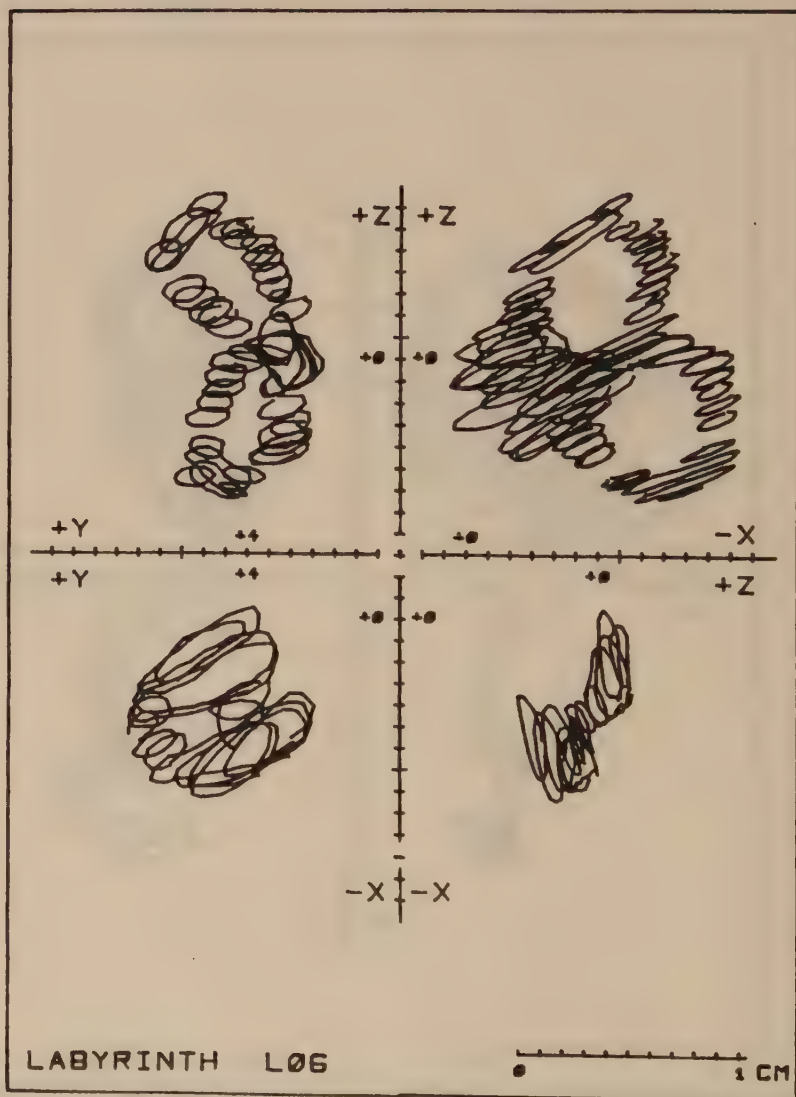


Abbildung 17

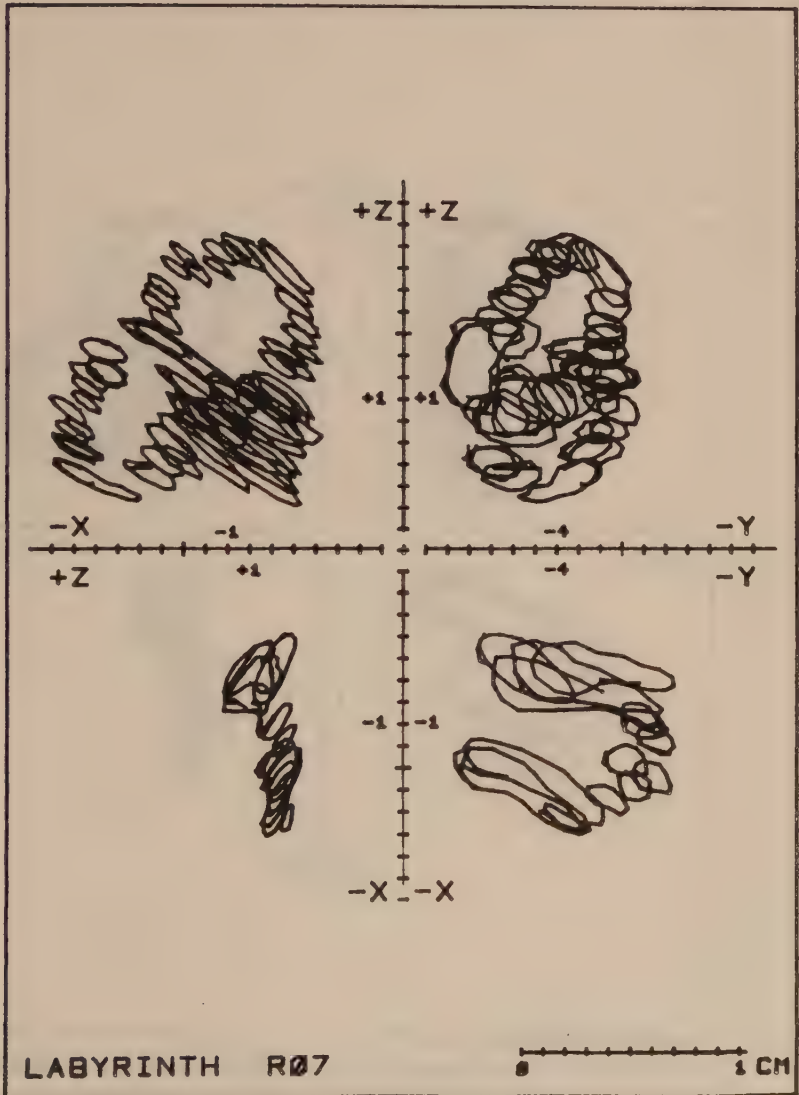


Abbildung 18

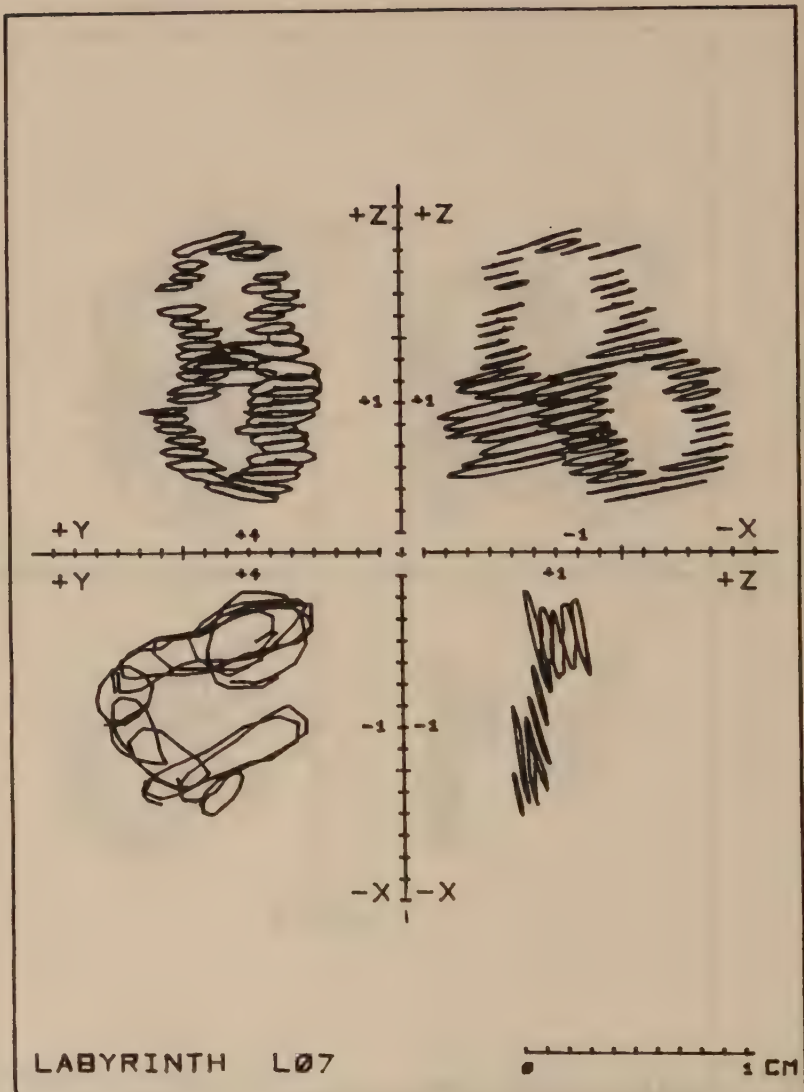
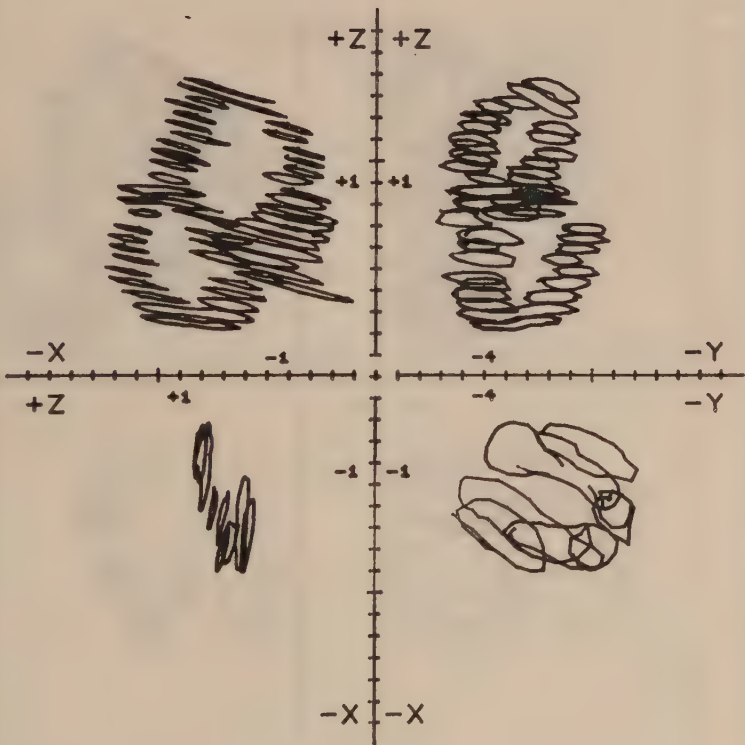


Abbildung 19



LABYRINTH R08

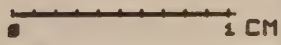


Abbildung 20

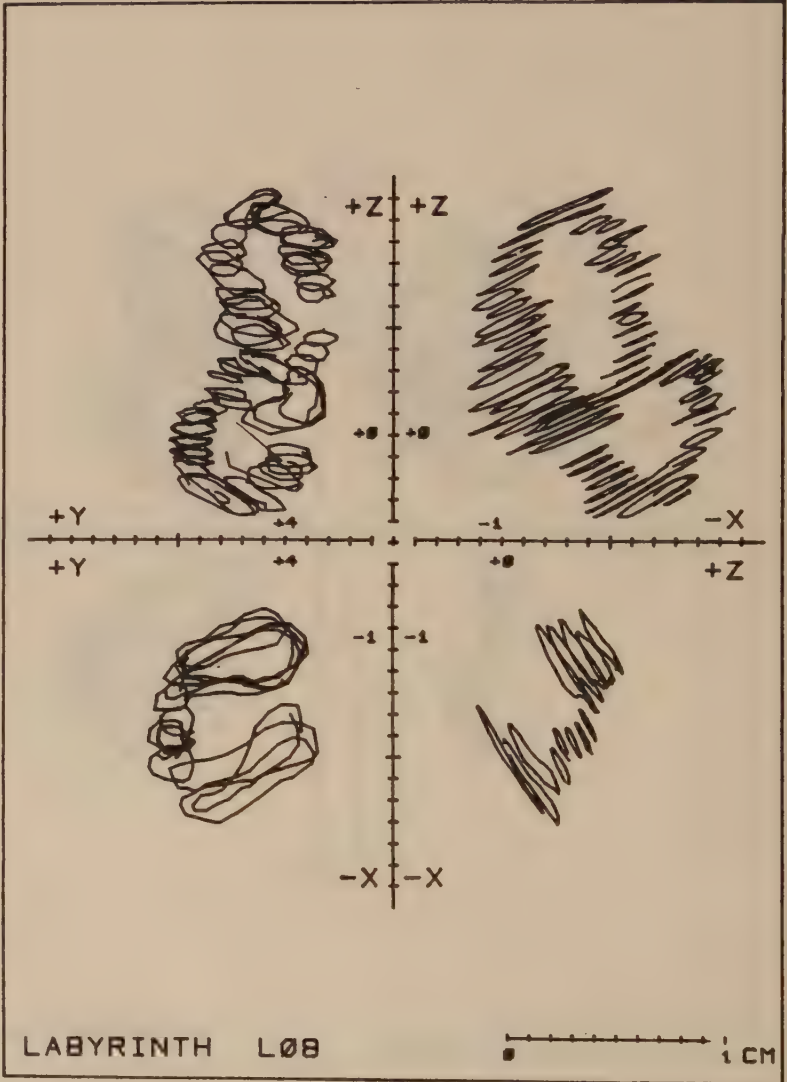


Abbildung 21

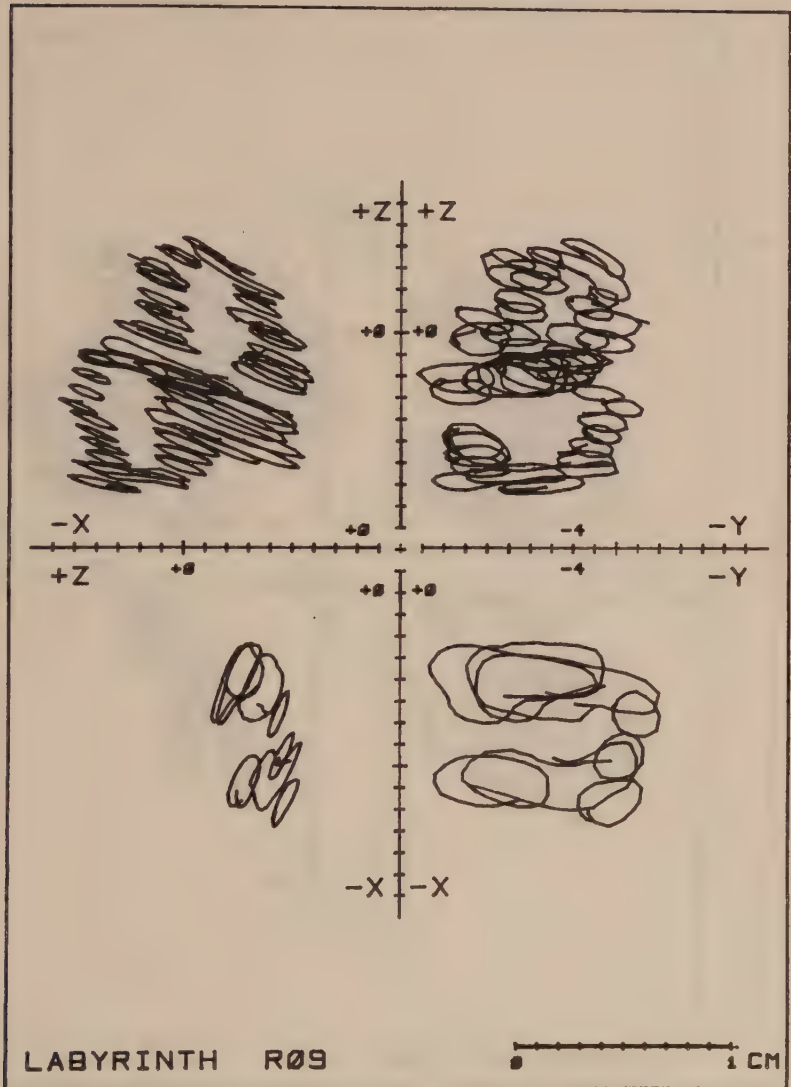


Abbildung 22

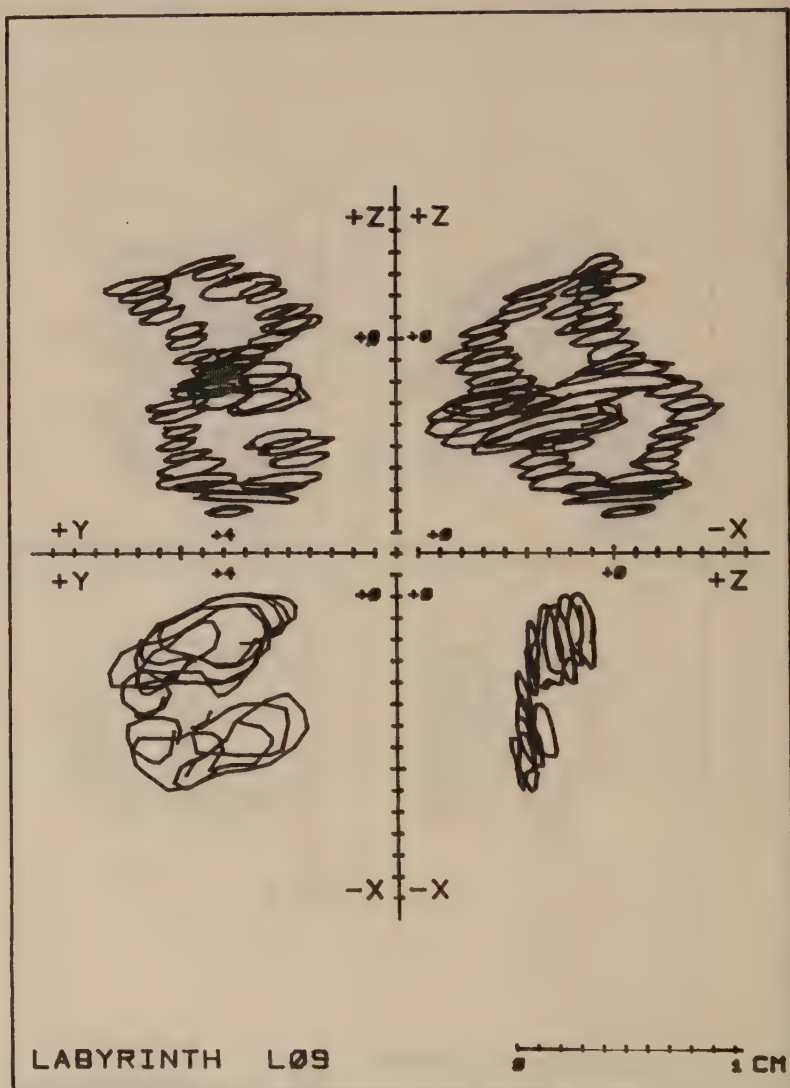
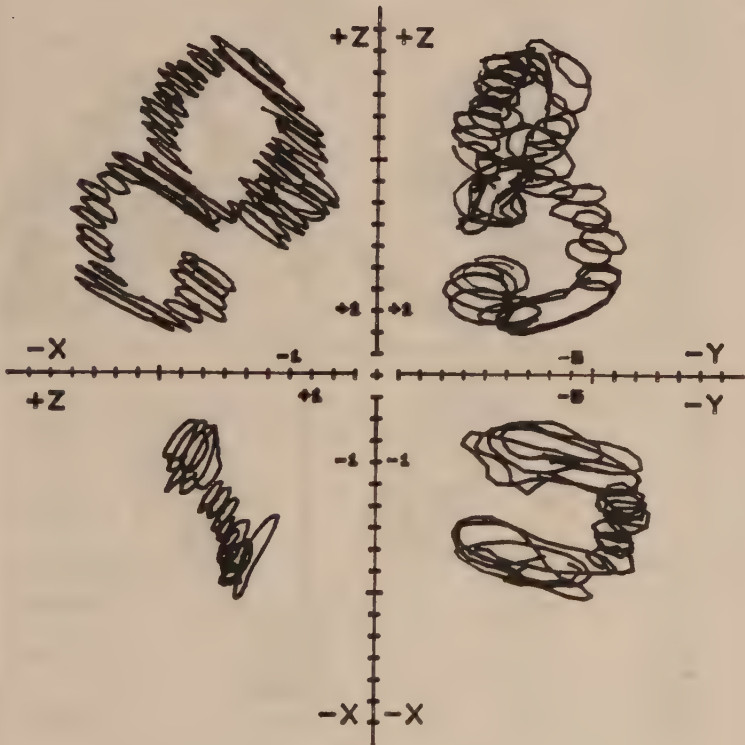


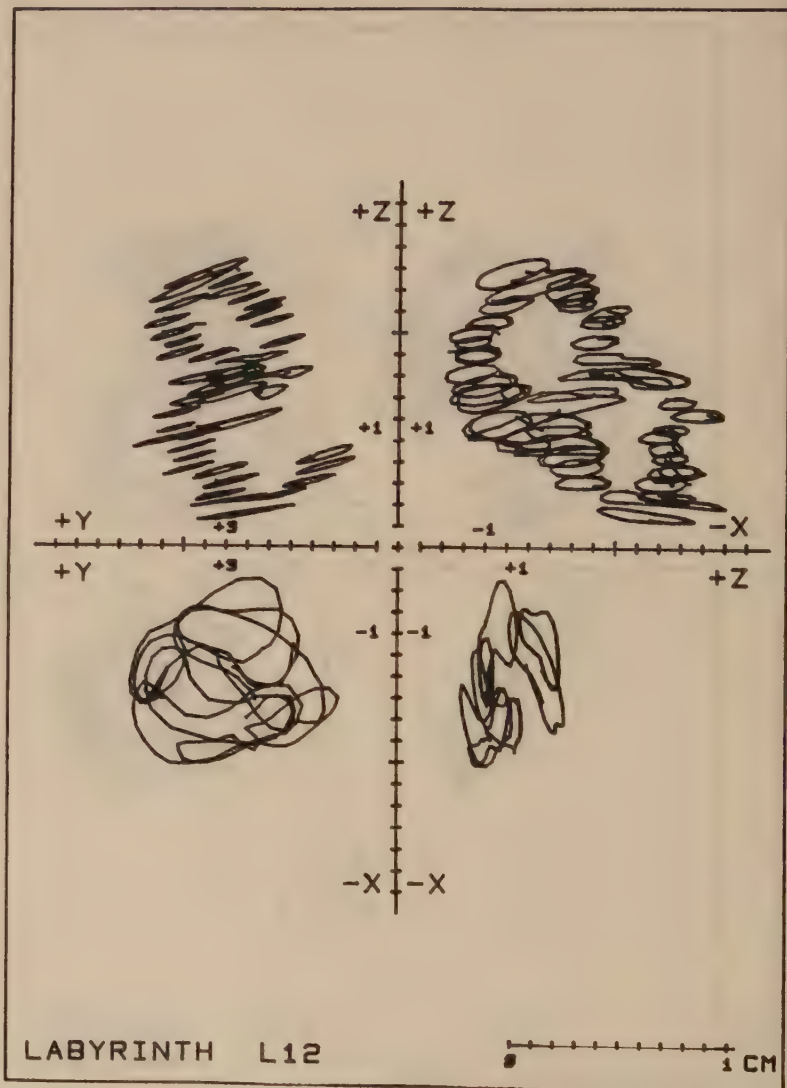
Abbildung 23



LABYRINTH R12

1 CM

Abbildung 24



Zahlenmäßige Darstellung der Computerzeichnungen

Tabelle 2

<u>Labyrinth 02</u>		links	rechts
anterior	Y (A max)	4,75	-4,24
	Z (A max)	0,88	0,75
posterior	X (P min)	-1,38	-0,85
	Y (P max)	4,84	-4,52
lateralis	Z (P min)	-0,41	-0,55
	Y (L max)	4,96	-4,62

Tabelle 3

<u>Labyrinth 03</u>		links	rechts
anterior	Y (A max)	4,15	-5,25
	Z (A max)	1,85	2,02
posterior	X (P min)	-0,78	-1,46
	Y (P max)	4,05	-5,14
lateralis	Z (P min)	0,21	0,74
	Y (L max)	4,32	-5,39

Versuch im Bezug auf die Lage der Y Werte nicht auswertbar, da asymmetrisch eingespannt.

Tabelle 4

<u>Labyrinth 04</u>		links	rechts
anterior	Y (A max)	4,32	4,45
	Z (A max)	0,52	0,90
posterior	X (P min)	-1,31	-1,23
	Y (P max)	4,44	-4,75
lateralis	Z (P min)	-0,73	-0,36
	Y (L max)	4,77	-4,80

Tabelle 5

<u>Labyrinth 05</u>		links	rechts
anterior	Y (A max)	4,45	-4,22
	Z (A max)	2,30	2,98
posterior	X (P min)	-0,42	-0,42
	Y (P max)	4,28	-4,30
lateralis	Z (P min)	-1,10	-1,78
	Y (L max)	4,62	-4,58

Tabelle 6

<u>Labyrinth 06</u>		links	rechts
anterior	Y (A max)	4,45	-4,52
	Z (A max)	0,70	0,58
posterior	X (P min)	-1,23	-1,40
	Y (P max)	4,28	-4,40
lateralis	Z (P min)	-0,65	-0,70
	Y (L max)	4,55	-4,68

Tabelle 7

<u>Labyrinth 07</u>		links	rechts
anterior	Y (A max)	4,35	-4,34
	Z (P max)	1,80	1,78
posterior	X (P min)	-1,69	-1,80
	Y (P max)	4,40	-4,38
lateralis	Z (P min)	0,54	0,50
	Y (L max)	4,70	-4,54

Tabelle 8

<u>Labyrinth 08</u>		links	rechts
anterior	Y (A max)	4,40	-4,42
	Z (A max)	1,14	1,49
posterior	X (P min)	-2,00	-1,85
	Y (P max)	4,55	-4,57
lateralis	Z (P min)	-0,38	0,31
	Y (L max)	4,64	-4,70

Tabelle 9

<u>Labyrinth 09</u>		links	rechts
anterior	Y (A max)	4,48	-4,30
	Z (A max)	0,40	0,43
posterior	X (P min)	-1,30	-1,35
	Y (P max)	4,36	-4,25
lateralis	Z (P min)	-0,82	-0,75
	Y (L max)	4,48	-4,41

Tabelle 10

<u>Labyrinth 12</u>		links	rechts
anterior	Y (A max)	3,40	-5,08
	Z (A max)	1,85	2,26
posterior	X (P min)	-2,00	-2,01
	Y (P max)	3,35	-5,22
lateralis	Z (P min)	0,62	0,89
	Y (L max)	3,45	-5,38

Die Y - Werte des Versuches sind nicht auswertbar, da asymmetrisch eingespannt.

Tabelle 11: Zusammenfassung der Werte des can. sem. anterior

Versuchnr.	Y (A max)			Distanz
	links	rechts	DY	Y (rl)
02	4,75	-4,24	0,51	8,99
03	(4,15)	(-5,25)	(1,10)	(9,40)
04	4,32	-4,45	0,13	8,77
05	4,45	-4,22	0,23	8,67
06	4,45	-4,52	0,07	8,97
07	4,35	-4,34	0,01	8,69
08	4,40	-4,42	0,02	8,82
09	4,48	-4,30	0,18	8,78
12	(3,40)	(-5,08)	(1,68)	(8,48)

Die Differenz der Y - Werte von der Medianebene beträgt im Mittel 0,2 (cm).

Die Distanz der lateralsten Y - Werte voneinander beträgt im Mittel 8,8 (cm).

Versuchnr.	Z (A max)		
	links	rechts	DZ
02	0,88	0,75	0,13
03	1,85	2,02	0,17
04	0,52	0,90	0,38
05	2,30	2,98	0,68
06	0,70	0,58	0,12
07	1,80	1,78	0,02
08	1,14	1,49	0,35
09	0,40	0,43	0,03

Die Differenz der Z - Werte beträgt im Mittel 0,3 (cm).

Tabelle 12: Zusammenfassung der Werte des can. sem. posterior

Versuchnr.	X (P min)		
	links	rechts	DX
02	-1,38	-0,85	0,53
03	-0,78	-1,46	0,68
04	-1,31	-1,23	0,08
05	-0,42	-0,42	0,00
06	-1,23	-1,40	0,17
07	-1,69	-1,80	0,11
08	-2,00	-1,85	0,15
09	-1,30	-1,35	0,05
12	-2,10	-2,01	0,09

Die Asymetrie der X - Werte beträgt im Mittel 0,2 (cm).

Versuchnr.	Y (P max)			
	links	rechts	DY	Distanz (rl)
02	4,84	-4,52	0,34	9,36
03	(4,05)	(-5,14)	(1,09)	9,19
04	4,44	-4,75	0,31	9,19
05	4,28	-4,30	0,02	8,58
06	4,28	-4,40	0,12	8,68
07	4,40	-4,38	0,02	8,78
08	4,55	-4,57	0,02	9,12
09	4,36	-4,26	0,10	8,62
12	(3,35)	(-5,22)	(1,87)	8,57

Die Differenz der lateralsten Y - Werte beträgt im Mittel 0,2 (cm).

Die Distanz zwischen den rechten und linken Werten beträgt im Mittel 8,9 (cm).

Versuchnr.	Z (P min)		
	links	rechts	DZ
02	-0,41	-0,55	0,14
03	0,21	0,74	0,53
04	-0,73	-0,36	0,37
05	(1,10)	(1,78)	(0,68)
06	-0,65	-0,70	0,05
07	0,54	0,50	0,04
08	(-0,38)	(0,31)	(0,69)
09	-0,82	-0,75	0,07
12	0,62	0,89	0,27

Die Asymetrie der Z - Werte beträgt im Mittel 0,2 (cm).
Dabei wurden die Werte der Versuche 5 und 8 nicht berücksichtigt.

Tabelle 13: Zusammenfassung der Werte des can. sem. lateralis

Versuchnr.	Y (L max)			
	links	rechts	DY	Distanz (rl)
02	4,96	4,62	0,34	9,58
03	(4,32)	(5,39)	(1,07)	9,71
04	4,77	4,80	0,07	9,57
05	4,62	4,58	0,04	9,20
06	4,55	4,68	0,13	9,23
07	4,70	4,54	0,16	9,24
08	4,64	4,70	0,06	9,34
09	4,48	4,41	0,07	8,89
12	(3,45)	(5,38)	(1,93)	8,83

Die Asymetrie der lateralsten Werte des can. sem. lateralis betrug im Mittelwert 0,1 (cm).

Die Distanz der laterlasten Werte des can. sem. lateralis voneinander betrug im Mittel 9,3 (cm).

Die Werte der Versuche 03 und 12 wurden nicht verwendet.

IV. Zusammenfassung

Entwickelt wurde eine Methodik zur Untersuchung der Lage menschlicher Labyrinth in Bezug auf die Schädelbasis bzw. ein kopffestes Koordinatensystem. An zwölf männlichen Leichen wurden Messungen durchgeführt, neun Labyrinthpaare wurden zur Auswertung herangezogen.

Die Labyrinth wurden im Schädel mit Markierungspunkten versehen, von denen die räumlichen Koordinaten über einen Meßrahmen bestimmt wurden. Außerhalb des Schädels wurden die Präparate in einen Gipsquader eingegossen und in Schichten zu je 0,5 (mm) abgeschliffen und fotografiert. Die Papierabzüge der so entstandenen Schichtaufnahmen wurden über eine Magnetplatte abgepunktet, die Werte an einen Rechner übermittelt. Über eine EDV - Anlage wurden aus den gewonnenen Werten dreidimensionale Bilder des menschlichen Gleichgewichtsorganes, errechnet.

Die Lage des Labyrinthes läßt sich wie folgt angeben:

a) als Abstand von der Medianebene:

äußerster Punkt des posterior beidseits	4,3 bis 4,8 (cm)
äußerster Punkt des anterior links	4,3 bis 4,8 (cm)
äußerster Punkt des anterior rechts	4,2 bis 4,5 (cm)
äußerster Punkt des lateralis links	4,5 bis 5,0 (cm)
äußerster Punkt des lateralis rechts	4,4 bis 4,8 (cm)

b) als Abstand von der Frankfurter Horizontalen:

höchster Punkt des anterior links	0,4 bis 2,3 (cm)
höchster Punkt des anterior rechts	0,4 bis 3,0 (cm)
tiefster Punkt des posterior links	-0,8 bis 0,6 (cm)
tiefster Punkt des posterior rechts	-0,8 bis 0,9 (cm)

c) als Lage hinter Ohr - Ohr - Achse:

vordere Grenze des posterior links	0,4 bis 2,1 (cm)
vordere Grenze des posterior rechts	0,4 bis 2,0 (cm)

VI. Literaturverzeichnis

1. ALEXANDER, G.: Makroskopische Anatomie der nervösen Anteile des Gehörorgans. Handbuch d. Neurol. d. Ohres Bs. 1, S. 1 Berlin u. Wien: Urban & Schwarzenberg 1924.
2. BECK, C.:
BADER, J.: Ein Beitrag zur feineren Anatomie des menschlichen Innenohres. Archiv Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde 181, 245-267 (1963)
3. BEZOLD, F.: Drei plastische Modelle des menschlichen Gehörorgans. Arch. Ohrenheilk. 76. 262 (1908).
4. DEL BUONO, P.:
MARTINO, L.: Stratigrafia del Cranio
Rom 1955
5. HACKL, H.: Beobachtungen über Asymetrie an Leichenschädeln
Anat. Anz. 118, 219-223 (1966)
6. INGLESSIS, M.: Über Kapazitätsunterschiede der rechten und linken Hälfte am Schädel beim Menschen. Zschr. ges. Neurologie und Psychiatrie 97, 354-373 (1925)
7. KIRSCHNER, M.: Die Punktionstechnik und die Elektrokoagulation des Ganglion Gasseri über gezielte Operationen.
Arch. klin. Chir. 176, 581 (1933)
8. SATO, T.: Vergleichende Untersuchungen über die Bogengänge des Labyrinths im Schädel und über die Flüssigkeitsverschiebung bei Kopfbewegungen. Z. Ohrenheilk. 46, 72 (1904)
9. SAVKOVIC, L.: Vergleichend - anatomische Untersuchungen des knöchernen Labyrinthes.
Anat. Anz. Bd. 112, S. 344-361 (1963)
10. SCHÖNEMANN, A.: Demonstration neuer Plattenmodelle des menschlichen Gehörorgans. Verh. dtsch. Otol. Ges. 17. Vers. Heidelberg 1908
11. SIEBEMANN, F.: Die Korrosionsanatomie des knöchernen Labyrinths des menschlichen Ohres. Wiesbaden: Bergmann 1890.

12. STENVERS H.W.: Über die Technik der Röntgenologie von Augenhöhle und Felsenbein. Arch. Ohr. - Nas. - Kehl. hk. 103, 1-15, Vogel, Leipzig 1919
13. TAHALELE E.: Kephalometrische und röntgenkranio-metrische Messungen zur Beurteilung des Verlaufes der Felsenbeinpyramide am Lebenden Inaug.-Diss. Gießen 1967
14. THOMAS D.J.: Specialized antropometrie requirements for protective equipment evagation AGARD conf. proc. Nr. 110 Glasgow, Schottland 1972
15. TOLDT C.: zit. nach Martin-Saller, Lehrbuch der Anthropologie, Bd. II, 1343, Stuttgart (1959)
16. WALDEYER: Anatomie des Menschen, Berlin 1969
17. WEISSMAHR A.: Bestimmung der Distanz des lateralen Bogenganges zur Gesichtsoberfläche. Inaug.-Diss. München 1976

Lebenslauf

Ich bin am 05. Mai 1956 in München geboren.

In den Jahren von 1963 bis 1968 besuchte ich die Volksschule in Unterhaching. Im September 1968 trat ich in das humanistische Ludwigsgymnasium in München über, das ich 1976 mit der Reifeprüfung verließ.

Unmittelbar darauf, vom August 1976 bis September 1977 leistete ich meinen Grundwehrdienst bei der Bundeswehr in München ab.

Im Wintersemester 1978/79 begann ich an der Ludwig Maximilian Universität München das Doppelstudium der Physik und der Rechtswissenschaft.

Zum Wintersemester 1979 immatrikulierte ich mich für das Studium der Zahnheilkunde an der Universität in München. Dort legte ich im Dezember 1984 das Staatsexamen ab und erhielt die Approbation als Zahnarzt.

Seit Dezember 1984 praktiziere ich in Brannenburg in der Zahnstation der Bundeswehr.

